

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-116282

(43)Date of publication of application : 18.04.2003

(51)Int.Cl.

H02M 7/48  
H01L 23/40  
H01L 23/473  
H01L 25/07  
H01L 25/18

(21)Application number : 2001-311562

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 09.10.2001

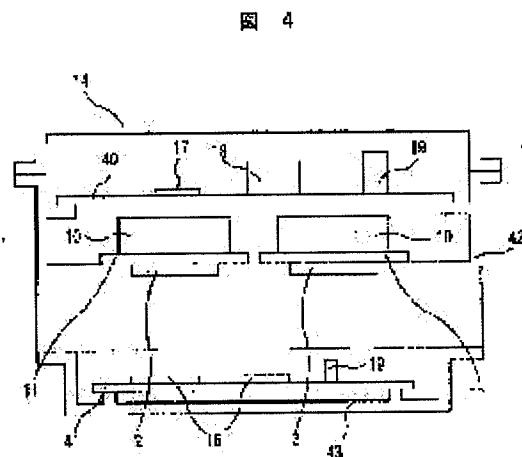
(72)Inventor : TANBA AKIHIRO  
NAKAMURA TAKAYOSHI  
SAITO RYUICHI  
MONMA NAOHIRO

## (54) WATER-COOLED INVERTER

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a highly reliable water-cooled inverter structure in which the temperature of a power semiconductor module and a control circuit board can be lowered.

**SOLUTION:** A plurality of shallow recesses and deep recesses are formed in a housing, and the bottom face of a power semiconductor module is bonded into the shallow recess to form a water channel for cooling the power semiconductor module directly. Since the current velocity of cooling water in the shallow recess is high, cooling efficiency can be enhanced and pressure loss can be reduced in a deep channel formed by the deep recess. Since a plurality of recesses are provided, the power semiconductor module can be reduced in size, and since a plurality of power semiconductor modules can be arranged, reliability can be enhanced. The temperature of a control circuit can be lowered by disposing a control board below the water channel thereby isolating it from the power semiconductor module. Since the temperature of the power semiconductor module and the control circuit board can be lowered, a highly reliable water-cooled inverter structure can be realized.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	23.05.2003
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	01.02.2005
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3676719
[Date of registration]	13.05.2005
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	2005-003131

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 23.02.2005

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-116282

(P2003-116282A)

(43) 公開日 平成15年4月18日 (2003.4.18)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	特許出願公開番号
H 0 2 M 7/48		H 0 2 M 7/48	Z 5 F 0 3 6
H 0 1 L 23/40		H 0 1 L 23/40	E 5 H 0 0 7
			F
23/473		23/46	Z
25/07		25/04	C
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-311562(P2001-311562)

(22) 出願日 平成13年10月9日 (2001.10.9)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 丹波 昭浩

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 中村 卓義

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外2名)

最終頁に続く

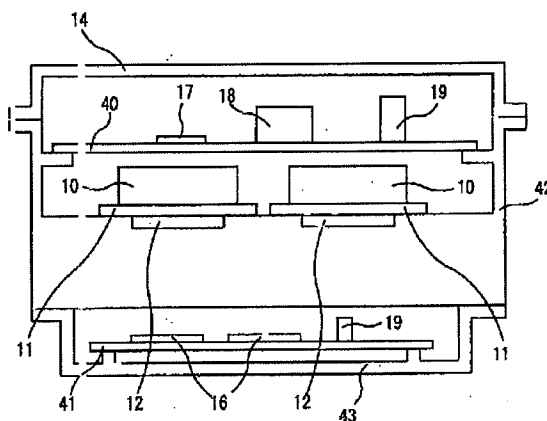
(54) 【発明の名称】 水冷インバータ

(57) 【要約】

【課題】パワー半導体モジュール、及び、制御回路基板を低温化できる高信頼な水冷インバータ構造を提供する。

【解決手段】筐体中に複数の浅い窪み、深い窪みを形成し、パワー半導体モジュール底面を浅い窪みに固着し浅い水路を形成し、本浅い水路で直接パワー半導体モジュールを冷却する。浅い水路中の冷却水流速は大きいいため、冷却効率を向上でき、深い窪みによる深い水路で、圧力損失も低減できる。また、窪みを複数設けるため、パワー半導体モジュールを小型化し、複数配置できるため、信頼性を向上できる。制御回路の低温化は、制御基板を、パワー半導体モジュールと熱的に遮断するため、水路の下に配置することにより達成できる。パワー半導体モジュール、及び、制御回路基板を低温化できるため、高信頼化できる水冷インバータ構造を実現できる。

図 4



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも、冷却水が給排水される給排水口と、前記給排水口に接続され冷却水が流れる水路と、パワー半導体チップが搭載され、底面に金属体を有するパワー回路装置とから構成され、前記パワー回路装置を冷却するための水路領域は、前記金属体の底面と前記パワー回路装置の周囲を覆う容器の一部から構成され、前記冷却水は直接前記金属体に当てられる水冷インバータにおいて、前記パワー回路装置を冷却するための水路領域の深さは、前記パワー回路装置の周囲を覆う容器の一部に設けられた窪みの深さ、または、前記金属体底面の窪み深さ、あるいはその両方で規定されることを特徴とする水冷インバータ。

【請求項2】 請求項1において、前記冷却水が流れる水路は、少なくとも2種類の深さの異なる領域から構成され、一番浅い水路領域は、前記パワー半導体チップを有するパワー回路装置の底面と、前記パワー回路装置の筐体とから構成され、前記水路領域の深さは前記筐体一部に形成された窪みの深さで規定される水冷インバータ。

【請求項3】 請求項2において、前記パワー回路装置を冷却する一番浅い水路領域の深さは5mm以下である水冷インバータ。

【請求項4】 請求項2において、前記パワー半導体チップを有するパワー回路装置の上方には、前記パワー回路装置を制御する制御回路基板が配置され、前記制御回路基板に搭載された回路素子の一部と、機器を覆う上蓋間は、熱伝導性の樹脂シートで接続される水冷インバータ。

【請求項5】 請求項2において、前記パワー半導体チップを有するパワー回路装置及び水路の下方には、前記パワー回路装置を制御する制御回路基板が配置される水冷インバータ。

【請求項6】 請求項5において、前記制御回路基板に接続され制御されるパワー回路装置は、前記パワー半導体チップと前記パワー半導体チップを制御する制御回路が同一の樹脂箱に収められた回路装置である水冷インバータ。

【請求項7】 少なくとも冷却水が給排水される給排水口と、前記給排水口に接続される冷却水が流れる水路と、パワー半導体チップが搭載された、底面に金属体を有するパワー回路装置と、前記パワー回路装置を制御する制御回路基板とから構成され、前記パワー回路装置を冷却するための水路領域は、前記金属体の底面と前記パワー回路装置の筐体の一部から構成され、前記冷却水は直接前記金属体に当てられる水冷インバータにおいて、前記パワー回路装置を制御する制御回路基板は少なくとも2枚存在し、前記パワー回路装置及び前記パワー回路装置を冷却するための水路領域の上方及び下方に配置されることを特徴とする水冷インバータ。

【請求項8】 請求項7において、前記冷却水が流れる水路は、少なくとも2種類の深さの異なる領域から構成され、一番浅い水路領域は、前記パワー半導体チップを有するパワー回路装置の底面と、前記パワー回路装置の筐体とから構成され、前記水路領域の深さは、前記筐体の一部に形成された窪みの深さで規定されることを特徴とする水冷インバータ。

【請求項9】 少なくとも、冷却水が給排水される給排水口と、前記給排水口に接続され冷却水が流れる水路と、パワー半導体チップが搭載された、底面に金属体を有するパワー回路装置と、前記パワー回路装置を制御する少なくとも2枚以上の制御回路基板、機器の上下を覆う上蓋及び底蓋とから構成される水冷インバータにおいて、前記パワー回路装置の筐体は、前記パワー回路装置の底面に直接冷却水が当てられるように接続される水路を構成する容器と、前記パワー回路装置の周囲を囲む側壁とから構成され、前記制御回路基板の少なくとも1枚は、底蓋中に収納されることを特徴とする水冷インバータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、絶縁ゲートバイポーラ型トランジスタ (Insulated Gate Bipolar Transistor、以下IGBTと略称する) のような高発熱性のパワー素子を備える水冷インバータに関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般にハイブリッド電気自動車用モータのような大出力モータを制御するインバータは、図2、23、25、26に示す断面模式図のような構造が採用されている。図23は、熱伝導グリースを介してパワーモジュールを水冷ヒートシンクに固着した、間接冷却構造の従来例、図2はパワーモジュールのベース板に直接冷却水を当てる、直接冷却構造の従来例である。また、図25、26は直接冷却構造の改良例である。

【0003】図23に示す間接冷却構造においては、パワーモジュール230の金属ベース板231は、熱伝導グリース232を介して、水冷フィン235が一体に形成されたアルミニウムダイカストのような金属製インバータケース233に固着している。

【0004】水路236は、水路カバー234によりインバータケース233下部を覆い形成される。マイコン16、ゲートドライバ17、トランス18、電解コンデンサ19のような回路素子が搭載された、制御回路基板であるプリント回路基板 (以下PCBと略称する) 15は、並んで配置された二つのパワーモジュール230の上方に配置され、インバータ筐体233に固定される。図示していないが水路236に対して冷却水を給排水するための給水路、排水路が適当な位置に設けられる。

【0005】図23ではPCB15は、直接インバータ

筐体233に固定されているが、アルミニウムダイカストのような金属製の支持板に取付られた後、インバータ筐体233に固定されても良い。インバータ上面は、金属製蓋14で覆われる。

【0006】パワーモジュール230中のパワー半導体チップの熱は、ベース板231、熱伝導グリース232、フィン235を介して放熱され、冷却水により冷却される。また、PCB15上に設置される回路素子の熱は、自然対流による放熱と同時に、取付部からインバータ筐体233を通して放熱され、冷却水により冷却される。

【0007】一方、図2に示す直接冷却構造は、例えば特開平9-207583に記載されており、詳細は以下の通りである。モジュールの水冷用開口部23をインバータ筐体21に設け、パワーモジュール10の金属ベース11を、開口部23を塞ぐようにインバータ筐体21に固着する。

【0008】水路20は、水路カバー22でインバータ筐体21の底面を塞いで形成される。この構造では、冷却水は直接金属ベース11に当てられる。なお、金属ベース11は平板であるが、フィンを設けることも可能である。また、制御基板、その他の構成は、図23と同じで同じ参照数字は同じ部品を示している。

【0009】図23の間接冷却構造に対する本構造の最大の利点は、熱伝導率の低いグリース232を削除できるため、パワー半導体チップのジャンクションから冷却水への熱抵抗、 $R_{th}(j-w)$ を大幅に低減できる点である。

【0010】熱抵抗を低減できると、インバータ動作時のパワー半導体チップの発熱、冷却繰り返しによる、温度振幅 $\Delta T$ を小さくできる。このことは、アルミニウムワイヤ/パワー半導体チップ電極界面の歪み及びはんだ中の歪みを小さくでき、信頼性、ワイヤ寿命、はんだ寿命を向上できる。

【0011】さらに、図25、26に示す従来例は、図2の直接冷却構造の性能向上を図った構造であり、互いに直交する二つの断面を示している。冷却水による放熱効率を向上させる、すなわち、熱伝達率 $h$ を増大させるためには、冷却水の流速を増大することが知られている。

【0012】しかしながら、流速を増大させることは、冷却水量の増大をもたらす、冷却水を循環させるポンプの負担が大きくなる。その結果、ポンプ能力を増大させる必要が生じる。

【0013】これはポンプのサイズの増大をもたらす、例えば、電気自動車のように、設置スペース、重量に厳しい制約がある場合には致命的となる。そこで、冷却水量の増大をできるだけ抑制して流速を増大することが望まれる。この従来例は、このことに対処している。

【0014】パワーモジュール10が取り付けられる開

口部252を有する水路構造体250中に、凸部251を固着して、水路253中に浅い水路領域254を設けている。凸部251は、パワーモジュール10の下の方に設けられるため、高流速の部分はパワーモジュール10の下の方に局部的に存在し、圧力損失の増大は抑制することができる。この従来例と類似する例は、例えば、特開平4-2156に記載されている。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、冷却水流速の増大を考慮した図25、26に示す従来例は、システム構成及び冷却性能の面で次のような問題がある。

【0016】高流速を実現する浅い水路の深さ256は、水路構造体250の厚さ257により最終的に制限されてしまう。部材の加工精度を考慮すると、開口部252の中まで、凸部251を張り出させることは現実的に困難であるからである。

【0017】厚さ257は、その強度上、例えば1~2mmに減少させる事は困難である。大容量インバータのように、形状が大きくなればなるほどこのことは顕著である。従って、従来の構造では、流量の増大を抑制したまま、顕著に流速を増大させることはできない。

【0018】また、凸部251の高さが低い場合、浅い水路領域254中、水路構造体250よりパワモジュールベース板11側の領域は、流速が低く冷却水が淀みやすく、効率の良い放熱が行われないため、冷却水の水温が上昇してしまう。

【0019】これでは凸部251を設ける効果は損なわれる。さらに、水路構造体250が図25、26のように一体の場合、図26に示されている凸部251の形状は、実際には実現困難である。

【0020】現実的には、開口部252から凸部251を挿入、固着することを考慮すると、開口部252よりも小さい形状とならなければならない。従って、浅い水路領域254の流速は、顕著に増大させることはできない。

【0021】さらに、上述の従来例の場合、複数のパワーモジュールを搭載することは全く考慮されていない。大容量インバータの場合、一個のパワーモジュールのみでシステムが構成されることは考えにくい。パワーモジュールの内部応力、歩留りを考慮すると、モジュールの大型化には限界があるからである。

【0022】以上は、パワーモジュール10の放熱について考慮したものである。インバータのように、高発熱のパワーモジュールと制御回路が混在する装置の場合、制御回路の低温化も重要である。

【0023】上記の従来例の場合、パワーモジュールの放熱は考慮されているが、制御回路の放熱については考慮されていない。これでは、パワーモジュールのみを高放熱性として高信頼化しても、装置としての信頼性は損なわれてしまう。

【0024】本発明は、冷却水量の増大を抑制しながら、流速を可能な限り増大でき、かつ、圧力損失の増大も抑制でき、その結果、パワーモジュールの信頼性をも向上できるインバータの構造、さらに、インバータ中の制御回路も顕著に低温化できるインバータの構造を提供することが目的である。

【0025】

【課題を解決するための手段】本発明の要旨を、図1、4、24を使用して以下説明する。

【0026】図1は、インバータを構成するパワーモジュール10の搭載部の断面構造模式図である。インバータ筐体13に二つの並置されたパワーモジュール10、制御回路基板15が納められ、上蓋14でカバーされている。制御回路基板15には、マイコン16、ゲートドライバ17、トランス18、電解コンデンサ19のような回路素子が搭載されている。

【0027】高流速の水冷のように、熱伝達率が大い場合には熱伝達面積は大きくする必要はない。例えば、発熱体であるパワー半導体のチップ面積の10倍程度で十分である。具体的には、チップサイズが約10mm角の場合、伝熱面積は33mm角程度であれば、現実的に十分である。

【0028】この場合、もはや、熱伝達部にフィンを設ける必要はない。これは、図2、25、26の従来例と同様である。キーポイントは流量を増大させないで、流速を増大させるために、浅い水路を、いかに簡便に精度良く形成するかである。

【0029】本発明では、インバータ筐体13に浅い窪みを形成し、この窪みをパワーモジュール10の金属ベース11で覆うことにより、浅い水路12を形成している。水路12に対して冷却水を給排水するために給排水路121、122が適当な位置に設けられている。なお、給排水路121、122は、模式的に示したものである。インバータ筐体13は、アルミニウム板のプレス加工、又は、アルミダイカスト等の手法で製造するため、例えば1～2mmの浅い窪みを精度良く形成することは容易である。

【0030】一方、このような浅い水路12のデメリットは、水路断面面積が小さいために、圧力損失が増大してしまうことであるが、これは、以下のようにして対処する。

【0031】前述のように、高流速で冷却する場合、熱伝達面積は大面积は必要ない。そこで、浅い水路12はパワーモジュール10の下に局部的に存在させることができる。従って、圧力損失を低減させるために、パワーモジュール10の放熱に直接関係しない部分の水路断面面積はできるだけ大きくするのである。

【0032】この部分の断面模式図を図24に示す。図1の場合と異なり、インバータ筐体13に深い窪みを形成し、深い水路240を形成している。本水路上には、

パワーモジュール10は存在しない。

【0033】以上述べたように、本発明によれば、インバータ筐体13に、大小深さの異なる窪みを形成して、この窪みをつなげることにより冷却水路を構成し、冷却は浅い窪みを利用して形成される浅い水路で行うことにより、流量、圧力損失とも増大させないで、高効率冷却できる。また、複数の浅い窪み上に複数のパワーモジュールを搭載することにより、パワーモジュールの複数化にも容易に対処できる。

【0034】上述の説明では、インバータ筐体13側に浅い窪みを設けているが、点線で示すように逆に金属ベース11側に浅い窪みを設け冷却水路125としても良く、さらに、インバータ筐体13、金属ベース11の両方に浅い窪みを設けても良い。

【0035】次に、制御回路の低温化に関して、図4を使用して説明する。

【0036】パワーモジュール10の搭載部の断面構造模式図を示している。二つのパワーモジュール10、ドライバ回路基板40はインバータ筐体42に納められ、上蓋14で覆われている。さらに、ドライバ基板40と分離して、マイコン基板41は、インバータ筐体42の底面に位置する底蓋43中に納められている。インバータ筐体42の中に浅い窪みで浅い水路12を形成するのは、前述と同様である。

【0037】本構造においては、熱に弱い部品であるマイコン16が搭載されたマイコン基板41は、高発熱部品であるパワーモジュール10が存在するインバータ筐体42から熱的に遮断できるため、マイコン基板の温度は、顕著に増大することはない。

【0038】また、パワー半導体モジュール10とドライバ基板40は近接しなければならないが、マイコン基板41とドライバ基板40間の距離は比較的長くてもノイズ的に問題無い。以上本発明の特徴を述べたが、上述以外の本発明の特徴は、以下の本発明の実施例の説明で明らかとなる。

【0039】

【発明の実施の形態】本発明の実施例を、以下図面を使用して詳細に説明する。

(実施例1) 図6は、本発明の第一の実施例を説明する図で、パワーモジュール搭載部の断面構造模式図を示している。定格電圧/電流、600V/400AのIGBTモジュールを搭載した35kWの3相インバータの例である。アルミニウムダイカスト製のインバータ筐体61に、6個の1アームIGBTモジュール510、電解コンデンサ513、トランス515、マイコン512、IGBTゲートドライバ514、チップ抵抗524、チップコンデンサ525が搭載された一枚の制御回路基板60、2個のフィルタコンデンサである電解コンデンサ520他が納められ、上蓋50でカバーされている。

【0040】上蓋50とインバータ筐体61はガasket

ト(図示せず)を使用して、M6のボルト54で締結されている。ガasketは、放射ノイズ低減のために、金属製のものを使用している。インバータ筐体61の大きさは、概略230mm(W)×260mm(L)×60mm(H)(上蓋含む)であり、35kWの容量を考慮すると、小型化されたインバータである。

【0041】フィルタコンデンサの大きさは40mmφ、高さは30mmである。IGBTモジュール510の大きさは概略70mm×60mmであり、IGBTチップ、フリーホイーリングダイオード(FWD)チップが各2チップ内蔵されている。IGBTモジュール510にはU、V、Wの出力配線519、P、Nバスバー518、517、制御回路基板60が接続されている。

【0042】バスバーはタフピッチ銅製で厚さは1.5mmである。パワー系の配線はM5のボルト56で取付られている。P、Nバスバー518、517は樹脂等の絶縁シート526を介して固着され、互いのインダクタンスを低減する構造となっている。制御回路基板は、IGBTモジュール510の制御端子528にスルーホールはんだにより接着されている。

【0043】固定は、インバータ筐体61の周囲にM3のボルト57で締結することにより行っている。P、Nバスバー518、517のP、N端子側にはフィルタコンデンサ520がM5のボルト55で接続されている。

【0044】なお、本断面構造模式図では、インバータのU、V、W、P、N端子、制御端子、給排水管は省略されている。実際は、P、N端子は図中左端に、U、V、W端子は右端に配置される。また、U、V、W配線519には、制御用の電流検出器であるカレントトランス523が接続されている。アルミニウムダイカスト製のインバータ筐体61の板厚の最小値は2mmであり、可能な限り軽量化を図っている。また、上蓋の板厚は2mmである。

【0045】本発明の特徴である浅い水路511の深さは2mmである。本実施例では、インバータ筐体61に、板厚2mmの開口部付きアルミニウム板53を貼り付けることにより深さ2mmの窪みを形成し実現している。インバータ筐体61とアルミニウム板53の周囲は溶接して漏水を防止している。

【0046】また、IGBTモジュール510は液状ガasket(図示せず)を使用して固着することにより漏水を防止している。IGBTモジュールの非搭載部は、筐体の底面62に深さ15mmの深い窪みを形成して、深い水路を構成している。フィルタコンデンサ520の放熱は、インバータ筐体61にコンデンサ底面を接着することにより行っている。制御回路中の、電解コンデンサ516、トランス515は特に熱に弱い部品である。

【0047】そこで、本実施例では、電解コンデンサ516、トランス515上面に熱伝導シート516を配置し、上蓋50と接触させることにより熱を上蓋、さらに

は、上蓋經由でインバータ筐体61、水路511へ放熱している。

【0048】本構造の冷却水路に15リットル/分の冷却水(主成分:エチレングリコール)を流してIGBTモジュールの熱抵抗(チップジャンクションから冷却水まで、 $R_{th(j-w)}$ )、圧力損失を測定したところ、 $R_{th(j-w)}$ は1アーム当たり0.1K/W、圧力損失はインバータ全体で15kPaであった。

【0049】圧力損失は、通常この種の容量のインバータ装置と同等で、熱抵抗は従来の間接冷却と比べ、半分以下に低減することができた。また、定格負荷運転時のマイコン512の温度は約100℃であり、電解コンデンサ516、トランス515の温度は、上記対策により、各々80℃、90℃と低い温度とすることができた。また、IGBTモジュール510/筐体61界面の冷却水シール性は、200kPa以上であることを確認できた。

(実施例2)図7は、本発明の第二の実施例を説明する図で、第一の実施例と同じく、パワーモジュール搭載部の断面構造模式図を示している。第一の実施例と異なるのは、IGBTモジュール72、制御回路基板71の機能、構造、及び、それらの接続法、固定法である。

【0050】図6の場合、制御回路基板60は可能な限り周囲でインバータ筐体61に固定される。しかしながら、電気自動車用インバータのように、激しい振動環境で使用される場合、共振等による機械的な劣化の懸念は残される。

【0051】本実施例はこれに対処しており、制御回路基板71は、上蓋70にM3ボルト57でしっかり固定され、振動に対して極めて強固な構造にしている。また、マイコン512、電解コンデンサ513、トランス516の放熱は、これらの部品の搭載部のプリント回路基板(PCB)裏面と上蓋間に、第一の実施例と同じく熱伝導シート516を固着している。

【0052】本構造にした場合は、IGBTモジュール72と制御回路基板71の距離が増大してしまう。すなわち、ゲートドライバを制御基板上に配置した場合、ゲートドライバとIGBTモジュールの距離が増大してノイズに弱くなる。

【0053】そこで、本実施例では、IGBTモジュール72は、ゲートドライバを内蔵したゲートドライバ内蔵IGBTモジュールとし、モジュール72への制御信号は、ゲートドライバの制御信号としている。

【0054】従来から、この信号の配線は比較的長くてもノイズに対して問題ないことは明らかとなっている。この制御信号は、インタフェース端子74から、ゲートドライバ内蔵IGBTモジュール72の制御端子76へ、インタフェースケーブル75を使用してやりとりされる。

【0055】冷却性能に関しては、ゲートドライバ内蔵

IGBTモジュール72は実施例1と同程度、制御回路基板71は、上蓋により効率的に放熱されるため、第1の実施例よりも5℃程度低減することができた。

【0056】(実施例3)上記二つの実施例は、制御回路基板を基本的に一枚基板とした場合であり、部品点数を削減でき、制御回路基板サイズを低減できるため、組立工数の削減、及び、インバータ小型化の長所がある。

【0057】しかしながら、制御回路基板そのものの歩留り低下、及び、IGBTモジュールと同一スペースに存在するため、高温環境となり、より低温仕様である低価格マイコンを使用できない。

【0058】従って、インバータ体格を増大を抑制できれば、制御回路基板を2分割し、例えば、ドライバ基板、及び、マイコン基板と分ける事が望ましい。第三の実施例は、これを実現している。

【0059】図5は、IGBTモジュール510の搭載部の断面構造模式図を示している。IGBTモジュール510、フィルタコンデンサ520、及び、それらのパワー系配線は実施例1と同一である。また、IGBTモジュール510、フィルタコンデンサ520の冷却構造も実施例1と基本的に同じである。

【0060】ゲートドライバ514、電解コンデンサ513、トランス515等を搭載し、ゲートドライブ及び制御電源機能を搭載した第一の制御回路基板(ドライバ基板)58と、マイコン512、電解コンデンサ513等を搭載した、第一制御基板の制御機能を搭載した第二の制御回路基板(マイコン基板)59に分割している。

【0061】ドライバ基板58のIGBTモジュール510への接続法、固定法、及び、放熱法は実施例1と同じである。特徴は、マイコン基板59の搭載法である。板厚2mmのアルミニウムダイカスト製の底蓋52を新たに設け、この底蓋にマイコン基板59をM3ボルト57で固定している。

【0062】底蓋は、インバータ筐体51の底面にネジ穴を設け、M6のボルト54で筐体51に固定される。ドライバ基板58への接続は、筐体51の底面の一部に開口部527を設け、この領域中、インタフェースケーブル521を通すことにより実現している。端子522はインタフェース端子である。

【0063】また、このインタフェースケーブル521でやりとりされる信号は、フォトカプラで絶縁している。前述のように、マイコンとゲートドライバ間の信号は、ノイズに強い信号であるため、本実施例のように、インタフェースケーブル長が約8cmでもノイズ的に何ら問題無かった。

【0064】また、マイコン512は冷却水路511の下面に位置し、熱的にIGBTモジュール510と遮断されるため、特別な放熱手段を用いなくても、85℃まで低減でき、これまでの実施例よりも、1ランク下の耐熱性のマイコンを使用することができた。インバータの

大きさは、底蓋が増大した分、高さ方向が増大し、概略230mm(W)×260mm(L)×70mm(H)(上蓋、底蓋含む)であった。

【0065】次に本実施例の平面構造を図17~22を使用して説明する。図17~22は、いずれも上蓋、マイコン基板を含む底蓋、ドライバ基板とマイコン基板のインタフェース部を除いた平面構造模式図である(図17、18は断面模式図を含む)。

【0066】図17はIGBTモジュール510搭載前の平面図、断面図である。フィルタコンデンサ520他搭載用窪み175、カレントトランス523他搭載用窪み176を形成した、アルミニウムダイカスト製筐体51に、開口部172、M5のネジ穴174を設けたアルミニウム板(板厚:2mm)53を固着している。

【0067】固着は、アルミニウム板53の周囲を筐体51に溶接して実施している。本構造で、圧力損失を低減するための深い水路173が形成される。給排水管177の内径は5mmφであり、インバータの一面(図では左端)に設けられる。図18はIGBTモジュール510、フィルタコンデンサ520、U、V、W配線519搭載後の平面、断面図である。

【0068】IGBTモジュール510はM5ボルト182で液状ガスケットを介して筐体51(アルミニウム板53)に取り付けられ、フィルタコンデンサ520は領域175に接着される。U、V、W配線519はIGBTモジュール510の主端子にM5ボルト56で取り付けられる。

【0069】端子186、187、189、1800は各々P端子、N端子、補助エミッタ端子、ゲート端子である。また、フィルタコンデンサ520の端子1801、1802は各々陽極、陰極端子である。IGBTモジュール510を搭載することにより深さ2mmの浅い水路511が形成される。

【0070】図19はPバスバー518搭載後の平面模式図である。板厚1.5mmのタフピッチ銅製Pバスバー518に、ゲート端子1800、及び、補助エミッタ端子189を通すための開口部190、及び、フィルタコンデンサ陰極1802取付用開口部191を設け、前述のP端子186、同じく前述の陽極1801に、M5ボルト56、55で取り付けられる。

【0071】P端子186部より張り出している部分192は、上に固着されるN端子のインダクタンスを低減させるための領域である。図20はP、Nバスバー518、517絶縁用絶縁板526搭載後の平面図である。厚さ1mmの絶縁板526にIGBTモジュール510主端子用、及び、フィルタコンデンサ端子用開口部200、及び、IGBTモジュール510制御端子用開口部201を設け、前述のPバスバー518全面に貼り付けている。

【0072】図21はNバスバー517搭載後の平面図



である。Pバスバー518と同じく厚さ1.5mmのタブピッチ銅製Nバスバー517に、フィルタコンデンサ陽極用開口部212、IGBTモジュール510制御端子、主端子用開口部210、及び、切欠き部211を形成し、前述の絶縁板526に貼り付け、M5ボルト55、56でフィルタコンデンサ陰極1802、IGBTモジュール510のN端子187に接続している。開口部、及び、切欠き部の形状は、インダクタンス低減のために、バスバーの幅をできるだけ大きくするように配慮している。

【0073】最後に、図22はドライバ基板58搭載後の平面図を示している。部品、及び、筐体への取付部は省略している。前述までのバスバーを覆うように、上面にスルーホールはんだ接着で、制御端子189、1800に接続している。PCBの板厚は2mm、大きさは230mm×180mmである。本板厚はPCBの強度を考慮して設定した。

(実施例4) これまでの実施例において、フィルタコンデンサ520の冷却は、インバータ筐体に接着するのみで、積極的に冷却するものではなかった。しかしながら、装置の小型化を図るためには、フィルタコンデンサの小型化は重要であり、そのためには冷却を強化しなければならない。本実施例はこれを実現する実施例である。図8の断面構造模式図で、以下説明する。

【0074】これまでの実施例では、冷却水は、積極的には高発熱部品であるIGBTモジュール510の冷却のみに使用してきた。しかしながら、水路を工夫することにより、その他の部品も冷却することが可能である。本実施例では、フィルタコンデンサ520の下面にも水路82を設け冷却している。

【0075】コンデンサ520の発熱は、IGBTモジュール510比べて小さい。従って、冷却水の流速は水路511部ほど大きくする必要はない。そこで、水路82の断面積は、浅い水路51の5倍として流速を1/5としている。水路82は、インバータ筐体80、開口部付きアルミニウム板(板厚:2mm)81の形状を変更して構成した。

【0076】本水路82によって、フィルタコンデンサ520の温度は、水路無しと比べて30℃低減することができた。一方、圧力損失は流速が小さいため、ほとんど増大せず、実施例1と比べて0.5kPaの増加にとどまった。インバータの体格は、フィルタコンデンサ520の位置が水路の分上方へずれたため、高さが10mm増大し、高さは80mmとなった。面積はこれまでと同じである。

【0077】また、本実施例では、マイコン512、電解コンデンサ513搭載部のPCB59下に熱伝導シート84を接着し、底蓋に放熱することにより、制御基板の冷却を強化している。

【0078】本発明のインバータ構造は、前述のよう

に、IGBTモジュール510に直接冷却水を当てて冷却する構造である。この構造の場合、ガスケットでシールしたIGBTモジュール/筐体界面から冷却水がインバータ筐体中へ漏水する危険性を完全になくすることは困難である。従って、漏電による感電に対する配慮が必要である。以下の実施例5、6、7はこのことに対処した実施例である。

(実施例5) 図9の断面構造模式図を使用して説明する。図9は図5と同じ箇所の断面図を示している。前述のように、IGBTモジュール510は液状ガスケットで接着され、冷却水水圧200kPaまでの冷却水シール性を確認している。この圧力は、通常運転時の10倍以上の圧力であり、通常動作では全く問題ない。

【0079】しかしながら、異常な水圧が何らかの影響で加えられると、IGBTモジュール周囲92から漏水の可能性はある。本実施例では、インバータ筐体93中に、ウレタン樹脂90を充填して、筐体93中に冷却水が侵入するのを防止している。この場合、インタフェーススケープル521用の開口部91は、ウレタン樹脂90が底蓋に漏れないよう、ウレタン樹脂上面まで突き出た構造としている。ウレタン樹脂90と筐体93の界面接着性は十分で、実験の結果、この界面を冷却水が浸透することはないことが確認できた。

(実施例6) 図10を使用して、漏水対策のもう一つの実施例を説明する。図9と同じ箇所の断面模式図を示している。本実施例の特徴は、漏水を、高電圧部が存在しないため漏電が起きても安全上問題のない領域へ逃がすことを特徴としている。インバータ筐体100底面に、漏水を底蓋に逃がすための開口部101を設けていることが特徴である。

【0080】開口部101は水路の邪魔にならない範囲で可能な限り数多く形成することが望ましい。本実施例では、幅2mm、長さ20mmの開口部を6箇所形成した。底蓋52中のマイコン基板59は、5V電源で動作し、信号もフォトカプラで絶縁されているため、万一漏電しても安全上問題無い。また、基板59には漏水センサ102を搭載して、漏水情報をマイコン512へ入力し、水冷ポンプを停止するように制御され、漏水が続くことのないように制御される。

【0081】(実施例7) 以上二つの漏水対策の実施例は、筐体中に侵入しようとする漏水を樹脂で阻止する、あるいは、侵入した漏水を感電の危険性ない場所へ逃がす構造であった。本実施例は、漏水しても筐体外へ冷却水を逃がすことができるため、抜本的に対策した実施例である。深い水路、及び、浅い水路が形成された構造中、浅い水路部の断面構造模式図である図3に示す。

【0082】パワーモジュール30底面の金属ベース31表面に筐体32を接続し、筐体32底面の開口部を金属ベース31で塞ぐ。浅い水路12は、複数の深さの異なる窪みが形成された水路用底蓋33を、金属ベース3

1裏面に浅い窪みが接続されるように接合して形成する。

【0083】すなわち、本構造のキーポイントは、これまで筐体内に窪みを作製して形成していた水路を、専用の水路構造体で筐体と分離させたことである。本構造で、たとえ冷却水のシールが破られて水路外へ冷却水が漏れ出しても、筐体32内へ漏水は侵入することなく感電の危険性は皆無とすることができる。

【0084】以下3つの実施例は、底蓋中のマイコン基板の冷却強化を図った実施例である。

【0085】(実施例8) 本実施例を、図12に示す断面構造模式図で説明する。インバータ筐体120底面に、M3ボルト用ネジ穴を開け、マイコン基板であるPCB122をM3ボルト57で固着している。すなわち、PCB122裏面全面は水路511底面に接触する。

【0086】従って、これまでの実施例と異なり、PCBは両面実装できない欠点はあるが、大幅な放熱性の向上が図れ、マイコン基板の大幅な低温化を達成できる。また、マイコン512は、レイアウト上、より水路に近い部分に搭載する等の工夫をして、一層の低温化を達成することができる。

(実施例9) 本実施例は、実施例8と同じコンセプトの実施例である。実施例8の場合、筐体120の底面はフラットであることが、PCB122取付上望まれる。従って、アルミニウムダイカスト等で筐体は製造することになる。

【0087】筐体形状が単純で、プレス加工等でも製造が可能な場合、本発明の概念から、深さの異なる窪みが筐体中に存在するため、筐体底面は凸凹が存在する。すなわち、筐体底面にマイコン基板を貼り付けることは困難である。このことに対処した実施例を断面構造模式図で図13に示す。

【0088】M3ボルト57で、PCB130裏面全体を底蓋131に貼り付けることにより高放熱を実現している。PCBは片面実装となる欠点は実施例8と同じで、冷却効率は実施例8よりも若干低下する。しかしながら、実施例3と同様に、あらかじめマイコン基板130を底蓋131に搭載し、底蓋といっしょに筐体51へ組み立てられるため、組立性に優れる特長がある。

(実施例10) 本実施例は、実施例8、9の中間的な特徴を持つ実施例である。断面構造模式図である図14で説明する。

【0089】PCBの高密度実装を考慮すると、やはり両面実装は必要である。そこで、本実施例ではPCB142は両面実装とし、マイコン512の熱は、あらかじめ筐体140底面に接着しておいた熱伝導シート516にマイコンパッケージ表面を接触させることにより筐体140へ放熱し、電解コンデンサ513の熱は搭載部PCB裏面の熱伝導シート516で底蓋へ放熱している。

すなわち、本実施例は、組立性を考慮しながら、マイコンの高放熱に対する配慮を実施した例である。

(実施例11) 図28の断面構造模式図を使用して第十一の実施例を説明する。本実施例は、インバータ筐体284内に制御回路基板を配置するのを廃止して、底蓋285内のみに配置した場合の実施例である。

【0090】図7に示した実施例2で、制御回路基板を上蓋から底蓋に移した場合に相当する。従って、ゲートドライバ内蔵IGBTモジュール72の構造、制御基板71の構造は実施例2と同一である。目的は、制御回路基板の低温化には一切配慮を必要としない構造とすることである。

【0091】底蓋285に制御基板71をM3ボルト57で固定し、筐体284底面に2箇所設けられた開口部288を通してインタフェースケーブル287で制御基板71とゲートドライバ内蔵IGBTモジュール72の制御端子76を接続している。

【0092】実施例2と同様、制御信号はドライバーの駆動信号であるため、長くなってもノイズ的に問題無い。モジュールに内蔵されたドライバは、冷却水路511で冷却されるため、温度的に問題無く、基板71は熱的に筐体284内と遮断されるため、制御回路低温化が最も図れた実施例である。上蓋280は、制御回路が存在しない分、これまでの実施例よりは深さが浅い構造となっている。

(実施例12) 断面構造模式図11を使用して第十二の実施例について説明する。

【0093】これまでの実施例は全て、IGBTモジュールは1アームモジュールの場合であった。この場合、モジュールの大きさが小さいため、モジュール内部の潜在応力が小さい、製造歩留りが良い、等の利点がある。しかしながら、6個のモジュールを接続する浅い水路、深い水路の数が多くなり水路形状が複雑になる。

【0094】本実施例は、このことに対処した場合である。図5の実施例3において、IGBTモジュール112を一相モジュールとして、浅い水路113の幅を従来の2倍としたことが特徴である。浅い水路深さは2mmであり、板厚2mmのアルミニウム板111の開口部形状、及び、図示していないが、筐体110中の深い窪みの形状を変えて水路構造を変化させている。

【0095】P、Nバスバー115、114、絶縁板117、U、V、W出力配線116は、IGBTモジュール形態の変化に伴い、図5の場合と変わっている。水路幅が図5の場合と比べて約2倍となっているため、同じ冷却性能とするためには流量が2倍となるが、直列接続される水路が減るため、圧力損失は半減することができる。

(実施例13) 図15、16を使用して、第十三の実施例について説明する。本実施例のコンセプトを示す断面図を示している。例えば電気自動車には、様々な性能の

自動車を駆動するため、容量の異なる種々のモータが必要となる。

【0096】さらには、一台の車の中でも、駆動用と発電機用とはモータの容量は異なる。これら様々なモータを駆動するため、容量の異なる様々なインバータが必要となる。多様な容量のインバータを簡便な方法で製造できれば、インバータの普及、さらには、電気自動車の普及に効果がある。本実施例はこの目的達成の実施例である。

【0097】インバータ制御方法、パワー半導体素子の駆動を制御するためのドライバ回路、さらに各種保護回路等は、インバータ毎に異なることが多い。しかしながら、モータ電流の駆動回路であるパワーモジュール、及び、その冷却系は、パワーモジュールの容量が異なるだけで各インバータ装置で共用できる。

【0098】本実施例は、パワー回路の共通化法を示したものである。図15において、これまでと同様に深さの異なる窪みが形成された水路用構造体150にパワー半導体モジュール10を固着して、浅い水路12を形成する。水路用構造体150は、これまでのように、インバータ筐体と一体ではなく独立している。

【0099】インバータ筐体は、水路用構造体150、側壁151とから構成される。側壁151に固定されたゲートドライバ基板40、及び、底蓋43中のマイコン基板41の構成、接続法はこれまでの実施例と同じである。本構造中、水路構造体150とパワーモジュール10を共通化して容量展開することを考案した。

【0100】図16がその構造模式図である。構造体150を2並列として、電流量を2倍とした場合の実施例である。構造体150を水路構造体締結板165で締結し一体化し、側壁160に固定し、底面は底蓋162で覆われる。本構造で、共通化した水路構造体150を2並列にしているにもかかわらず、インバータとしては一体化したものとなっている。

【0101】なお、マイコン基板164は、マイコン基板41と制御機能を変えなければ共通化できる可能性は大きい。並列接続された水路構造体150中の冷却水は、要求される冷却性能によって、シリーズに流すか、もしくは、並列に流すかの選択をできる。

【0102】以上、冷却系を含むパワー回路の容量展開法の実施例について説明した。ポイントは、筐体を側壁と、パワー回路及び水路を構成する底板とで構成し、共通化した底板を接続して容量展開することである。

(実施例14) 図27を使用して、第十四の実施例を説明する。パワーモジュールを冷却する浅い水路部の断面構造模式図を示している。

【0103】本実施例は、これまで、水路用窪みはインバータ筐体、もしくは、専用の水路用底蓋に設けていたが、浅い水路用の窪みは、パワーモジュールの金属ベースに設けた場合の実施例である。パワーモジュール27

1の金属ベース272の底面に、深さ2mmの窪み273を形成し、インバータ筐体270内部底面に液状ガasketで接着している。

【0104】本断面図では、インバータ筐体270に窪みは示されていないが、筐体270に15mm程度の深い窪みを形成し、浅い窪み273と接続して水路全体を接続している。本構造で、熱抵抗、 $R_{th(j-w)}$ 、圧力損失とも第一の実施例と同程度の値とすることができた。

【0105】本構造のメリットは、仮に、パワーモジュールを冷却する浅い水路を、1mm以下というような極めて浅くする場合に、精度良く形成するためには、プレス加工が優れており、プレス加工を適用するためには、例えば銅で通常製造されるモジュールベースの方が適用容易なことである。

【0106】以上、インバータを構成するパワー回路及び制御回路の冷却性能向上法について説明し、両者とも大幅に低温化できることを明らかにした。このことは、例えば、モータ及びエンジンで駆動されるいわゆるハイブリッドカーにおいて、これまで、冷却系はエンジンとモータ／インバータとで独立であったが、両者を同一系統で冷却できる効果がある。あるいは、エンジンとインバータの冷却系を同一系統とし、モータを別系統とすることも考えられる。

【0107】

【発明の効果】本発明によれば、パワー半導体モジュール冷却用水路は、筐体の複数の浅い窪み、及び、深い窪みで構成され、パワー半導体モジュールは浅い窪みを利用した浅い水路で冷却される。これにより、冷却部の冷却水流速を増大させ冷却効率を向上でき、圧力損失も低減できる効果がある。さらに、複数の窪みとしているため、パワー半導体モジュールを装置構成に応じて、複数配置できるため、パワー半導体モジュール及び装置全体の歩留り、信頼性を向上することができる。

【0108】また、水路及びパワー半導体モジュールの上下に制御回路基板を配置し、より低温化が必要な基板を水路／パワー半導体モジュールの下に配置し、熱的に遮断することは、制御回路の大幅な低温化に効果があり、装置の信頼性向上に効果がある。

【0109】さらに、筐体を、側壁と底板を構成する水路構造体とし、パワー半導体モジュール及び冷却する水路構造体を一体化して共通化し、インバータの容量展開する際に、この水路構造体を一体に接続し、別部材である側壁、底蓋で一体化することは、多品種インバータの組立の効率化、歩留り向上に効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本概念を示す断面構造模式図である。

【図2】従来の直接冷却構造のインバータを示す断面模式図である。

【図3】本発明の基本概念を示す断面構造模式図である。

【図4】本発明の基本概念を示す断面構造模式図である。

【図5】第三実施例の断面構造模式図である。

【図6】第一実施例の断面構造模式図である。

【図7】第二実施例の断面構造模式図である。

【図8】第四実施例の断面構造模式図である。

【図9】第五実施例の断面構造模式図である。

【図10】第六実施例の断面構造模式図である。

【図11】第十一実施例の断面構造模式図である。

【図12】第八実施例の断面構造模式図である。

【図13】第九実施例の断面構造模式図である。

【図14】第十実施例の断面構造模式図である。

【図15】第十三実施例の断面構造模式図である。

【図16】第十三実施例の断面構造模式図で、(図15の容量展開例である。

【図17】一実施例の水路構造を示す平面、断面模式図である。

【図18】一実施例の平面、断面模式図でパワーモジュール搭載を示す。

【図19】一実施例の平面模式図でPバスバー搭載を示す。

【図20】一実施例の平面模式図でP、Nバスバー絶縁板搭載を示す。

【図21】一実施例の平面模式図でNバスバー搭載を示す。

【図22】一実施例の平面模式図であり制御回路基板搭載を示す。

【図23】従来の間接冷却構造のインバータを示す断面模式図である。

【図24】本発明の基本概念を示す断面構造模式図でパワーモジュール非搭載部を示す。

【図25】従来の直接冷却構造のインバータを示す断面模式図である。

【図26】従来に直接冷却構造のインバータを示す断面模式図である。

【図27】第十四実施例の断面構造模式図である。

【図28】第十実施例の断面構造模式図である。

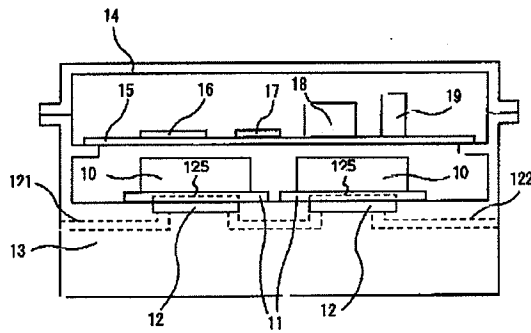
【符号の説明】

10, 30, 230, 271…パワー半導体モジュール、510, 112…IGBTモジュール、11, 31, 231, 272…パワー半導体モジュールの金属ベース、12, 511, 113, 254, 273…浅い水路、13, 21, 32, 42, 51, 61, 73, 80, 100, 110, 120, 140, 233, 270, 284…インバータ筐体、14, 50, 161, 2

80…上蓋、15, 60, 71…制御回路基板、16, 512…マイコン、17, 514…ゲートドライバ、18, 515…トランス、19, 513…電解コンデンサ、20, 236, 253…水路、22, 234…水路カバー、23…インバータ筐体開口部、33…水路用底蓋、40, 58, 163…制御回路基板(ゲートドライバ、電源、他)、62…深い水路形成部、41, 59, 122, 130, 142, 164…制御回路基板(マイコン、他)、43, 52, 83, 121, 131, 141, 162, 285…制御基板搭載用底蓋、53, 81, 111…開口部付きアルミニウム板、54…締結用M6ボルト、55…フィルタコンデンサ端子締結用M5ボルト、56…IGBTモジュール主端子締結用M5ボルト、57…プリント回路基板締結用M3ボルト、516, 84…熱伝導シート、517, 114, 281…グランド(N)バスバー、518, 115, 182…電源(P)バスバー、519, 116…出力配線、520…フィルタコンデンサ、521, 75, 287…インタフェースケーブル、522, 74…インタフェース端子、523…カレントトランス、524…チップ抵抗、525…チップコンデンサ、526, 117, 283, 253…絶縁板、258…IGBTモジュール制御端子、91, 527, 258, 288…インタフェースケーブル用開口部、70…制御回路搭載上蓋、72…ゲートドライバ内蔵IGBTモジュール、82…フィルタコンデンサ冷却用水路、90…ウレタン樹脂、101…水抜き用開口部、102…漏水センサ、150, 250…水路用構造体、165…水路構造体締結板、172…浅い水路用開口部、173, 240…深い水路、174…モジュール取付用M5ネジ穴、175…フィルタコンデンサ、他配置用スペース、176…カレントトランス他配置用スペース、177…給排水管、182…IGBTモジュール取付用M5ボルト、186…P端子、187…N端子、189…補助エミッタ端子、1800…ゲート端子、1801…スナバコンデンサ陽極端子、1802…フィルタコンデンサ陰極端子、232…熱伝導グリース、255…水路構造体開口部幅、235…フィン、92…筐体/IGBTモジュールシール部、151, 160…筐体用側壁、190, 201…IGBTモジュール制御端子用開口部、192…Pバスバー張り出し部、191, 212…フィルタコンデンサ端子用開口部、210…Pバスバー開口部、211…切欠き部、251…流速増大用凸部、252…浅い水路用開口部、256…浅い水路深さ、200…IGBTモジュール主端子、フィルタコンデンサ端子用開口部、257…水路構造体板厚。

【図1】

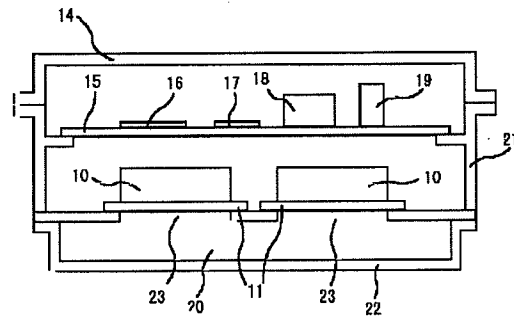
図 1



10…パワーモジュール  
13…インバータ筐体  
15…制御回路基板  
14…上蓋  
12…水路

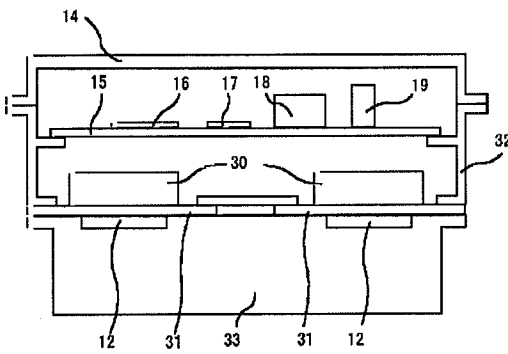
【図2】

図 2



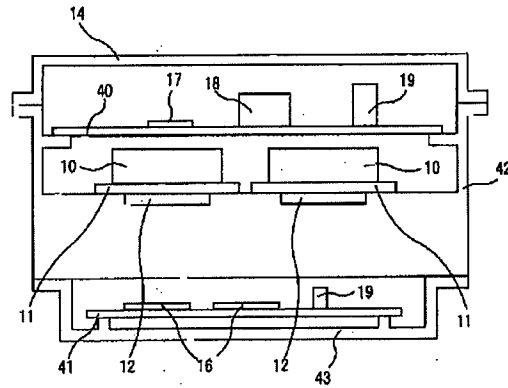
【図3】

図 3



【図4】

図 4



【図5】

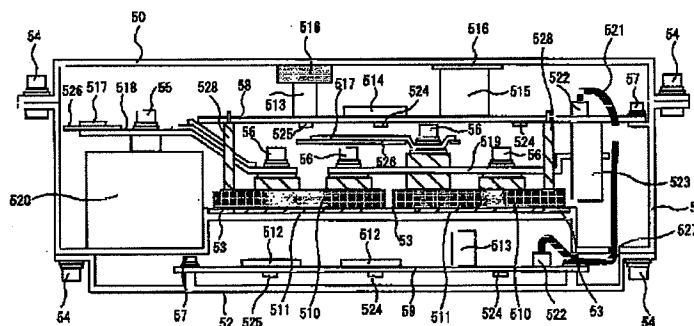


図 5

【图6】

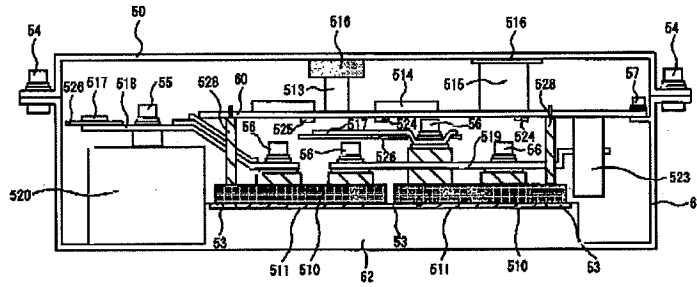


图 6

【图7】

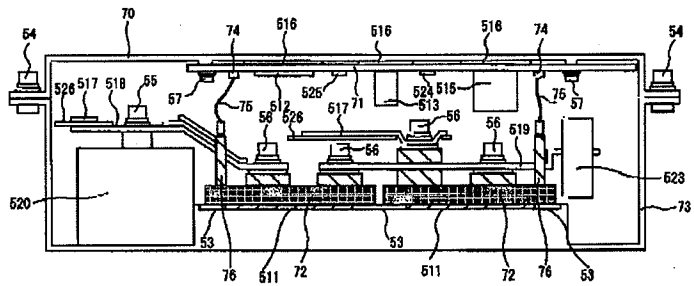


图 7

【图8】

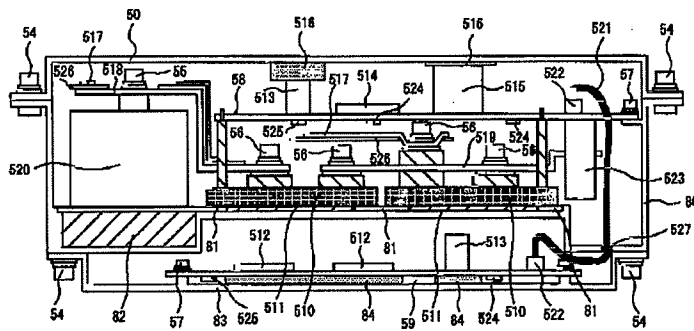


图 8

【图9】

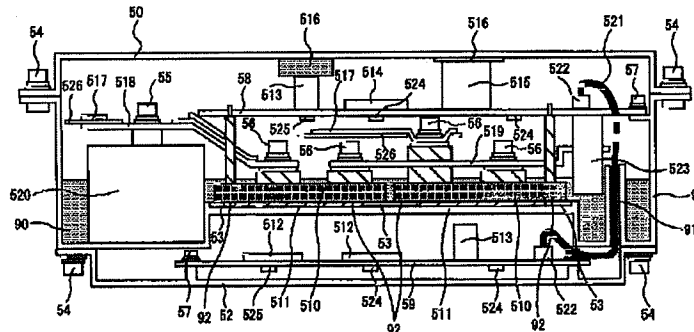
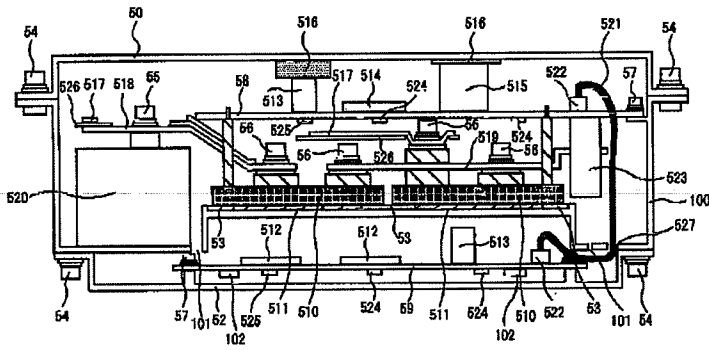
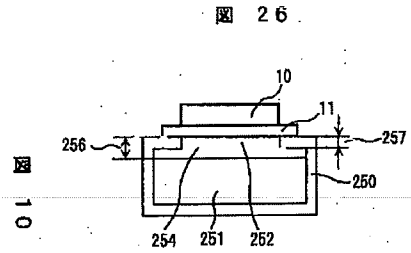


图 9

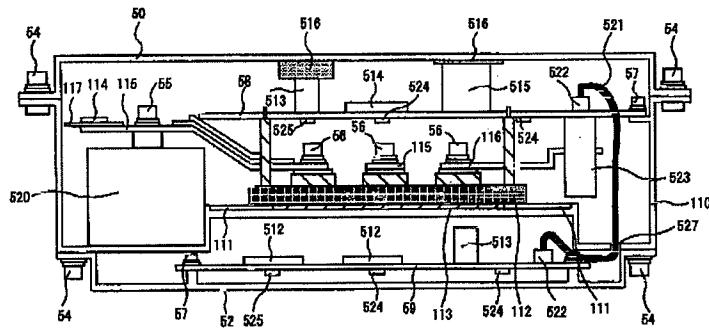
【図10】



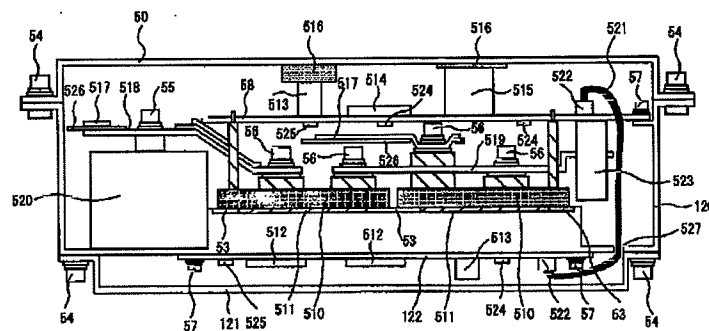
【図26】



【図11】



【図12】



【圖 13】

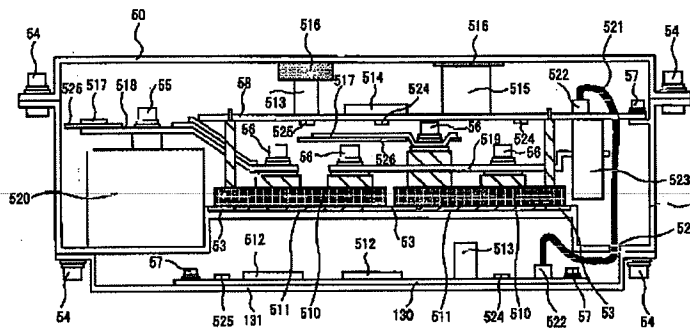


圖 13

【圖 14】

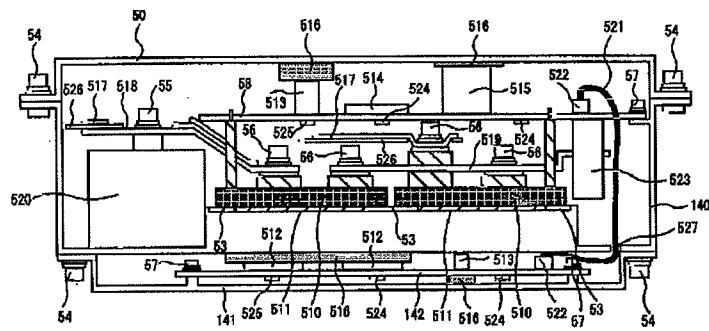
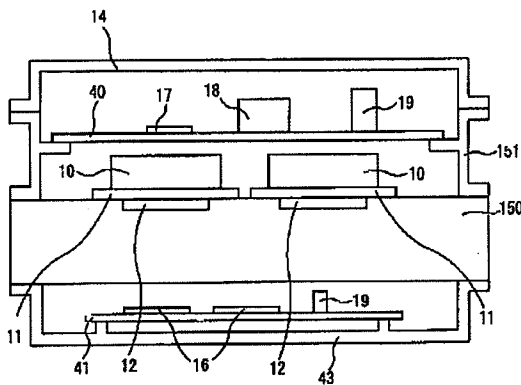


圖 14

【圖 15】

圖 15



【圖 19】

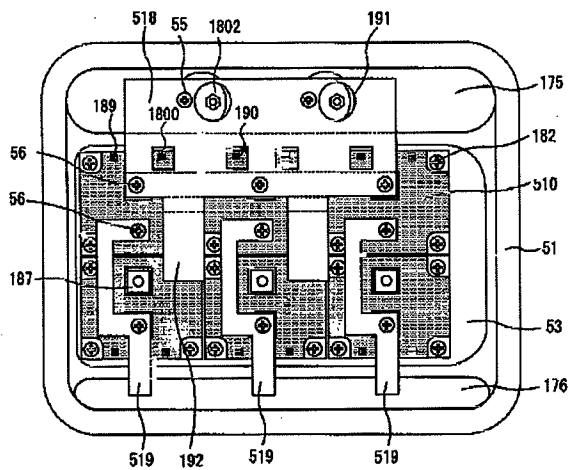


圖 19



【圖16】

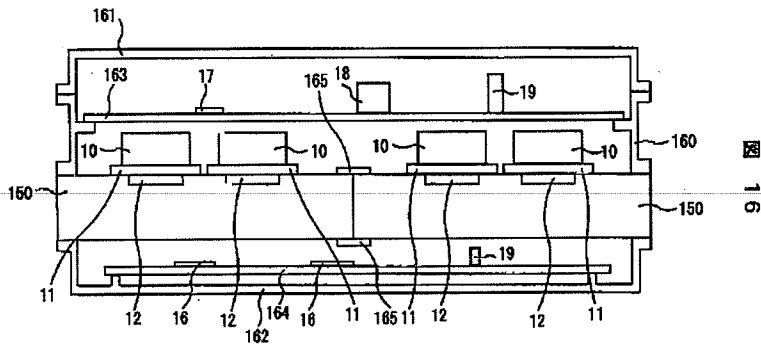


圖 16

【圖17】

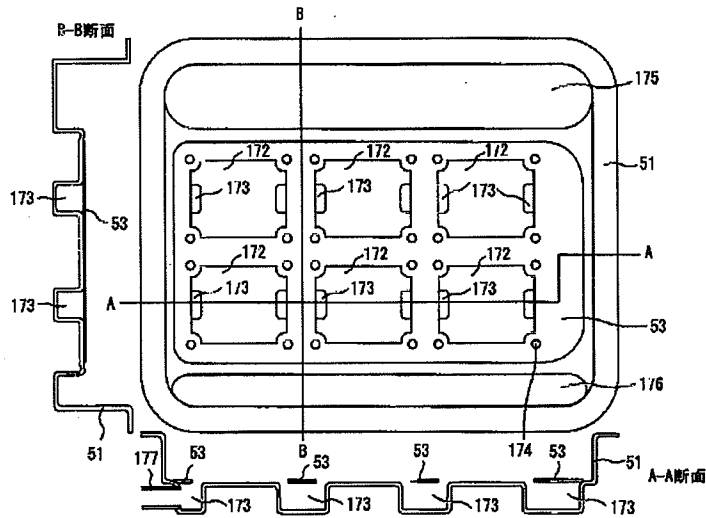
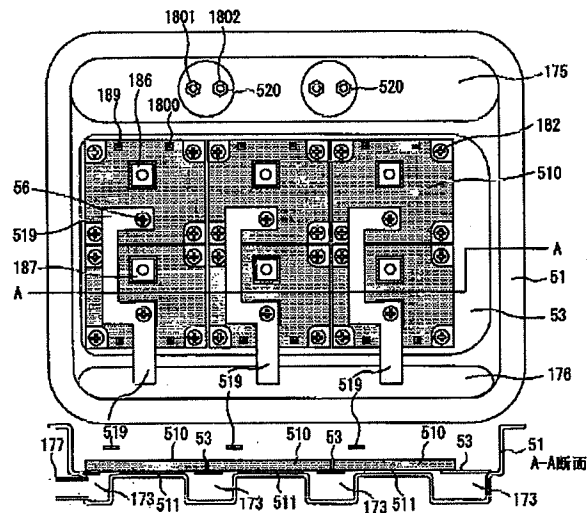


圖 17

【圖18】



【圖23】

圖 23

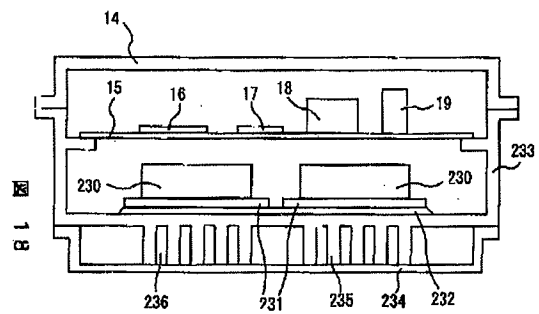
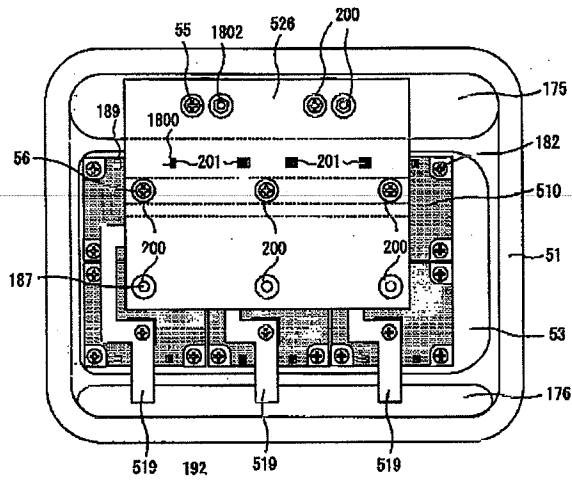


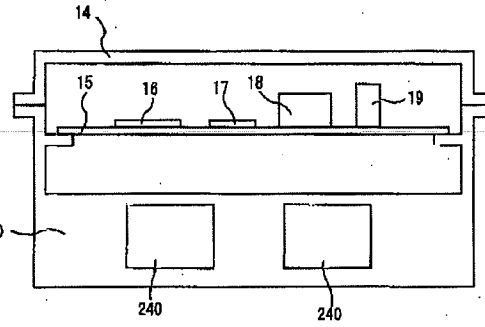
圖 18

【图 20】

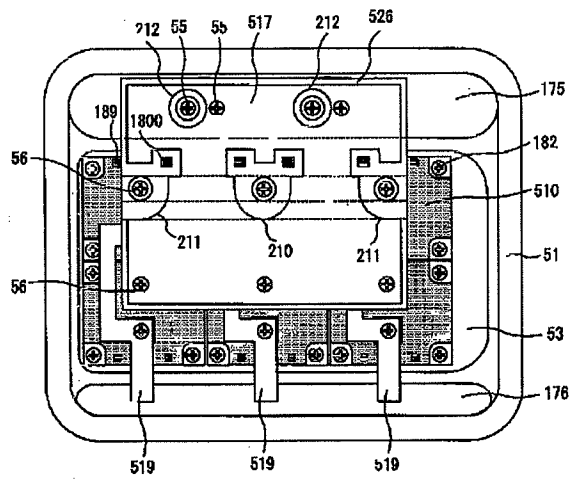


【图 24】

图 24

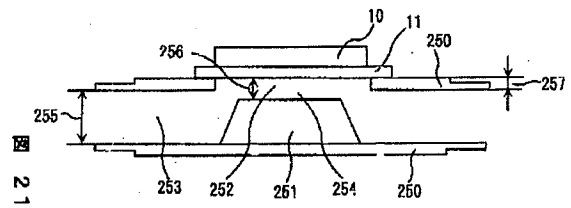


【图 21】



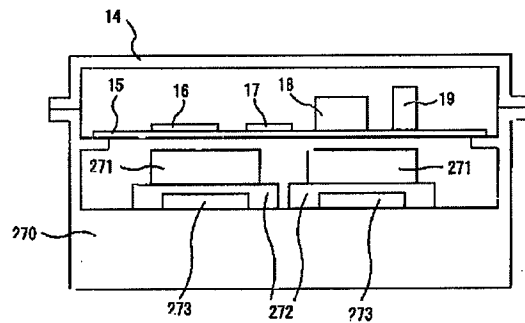
【图 25】

图 25



【图 27】

图 27



【図22】

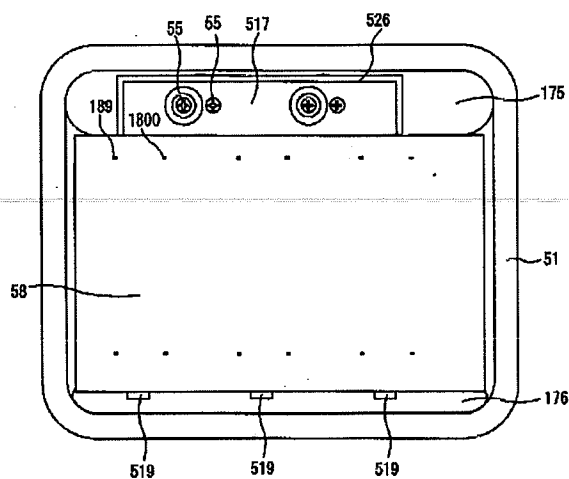


図 22

【図28】

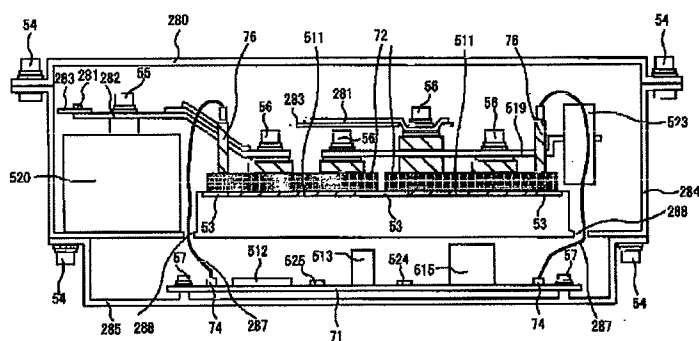


図 28

フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 25/18

識別記号

F I

(参考)

(72)発明者 斎藤 隆一  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 門馬 直弘  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内  
Fターム(参考) 5F036 AA01 BA10 BB14 BB21 BB41  
BC03 BC05 BC35  
5H007 AA06 BB06 CA01 HA03 HA04  
HA06 HA07